簡介農作物光譜——光源及光譜

◎農試所農藝系　楊純明　張芳銘

一、光源及波段特色

地表上接受的光源主要來自於太陽，太陽光同時具有光度(photometric)及光輻射(radiometric)兩種特質。前者是指光的明亮程度，由生物視覺細胞或人造光度感測器度量，單位以流明(lux)最爲人知；後者可分爲光波(light wave)及光能(light energy)兩面說明，光波有波長(wavelength)與頻率(frequency)兩性質，光能則因波長之長短和頻率的高低而異。在太陽光輻射(solar radiation)能量(常用單位Wm^{-2}；若指光子流密度則以$\mu mole\ m^{-2}\ s^{-1}$或$\mu E\ m^{-2}\ s^{-1}$)所應對的光譜波長(spectrum)當中，僅有極小部份的可見光波段（visible light, 一般指400~700 nm）被健康的綠色植體中葉綠體及其他的細胞色素吸收利用，故此波段的反射比(reflectance)較低。其中，呈現高峰的綠色波段約爲10~20%，藍色及紅色波段多被大量吸收僅餘約2~5% 的反射比。在紅外光波段中，700~1300 nm範圍之近紅外光波段(near-infrared band)，因柵狀組織的反射而呈現較強反射及穿透帶，僅不足10% 被吸收；介於1300~3000 nm之中紅外光波段(middle infrared band)，主要被葉片水分吸收而呈現低反射比，而熱(長)紅外光波段(thermal infrared band，5～14μm)則自由進出植體。其他短波長而高能量的紫外光(ultraviolet)及宇宙光，絕大部分穿透植體，被植體吸收的部分可能造成破壞或引起突變作用；長波長而低能量的微波(microwave)與電波(radiowave)可穿透植體或被吸收，惟在自然狀況下對於植物似無重大影響。

二、農作物光譜

一般所謂的農作物光譜係指其反射光譜(reflective spectrum)，以從紫外光波段至紅外光波段(350-14000 nm或350-2500 nm)最常見及被利用。爲了目視方便，有以RGB(red-green-blue)三原色圖譜顯示，即選用光譜三節波段賦與三原色隨著波段測值構成彩色圖譜。農作物本身也有放射光譜(emissive spectrum)，係由其體溫隨著體表特性放射出來的頻譜，由於自然狀況下植體體溫介於5-45℃之間，因此放射光譜落於熱紅外光波段。放射光譜能量甚低，偵測不易，一般多利用凌晨測值取代或代表。吾人可據以利用熱紅外光光譜儀(thermal infrared radiometer)偵測農作物，由其光譜轉換成植體溫度而判斷植體是否生長正常，凡遭受逆境或災害影響的異常植體其體溫必然異於常態生長者。同

作者：楊副研究員純明
聯絡電話：(04)3302301轉135

理，由農作物植冠(plant canopy)或植被(population vegetation)反射光譜的偵測與分析，亦可評估與判斷農作物可能的生長狀態(如生育階段、生長情形、逆境或災害種類、危害程度等)，而利用作爲田間管理的工具。在實驗室內，吾人可針對植體(如葉片)進行較精確的光學特性量測，找出其穿透率(transmissivity)、反射率(reflectivity)及吸收率(absorptivity)，或以參考光源估算其穿透比(transmittance)、反射比(reflectance)及吸收比(absorptance)。

三、農作物光譜影響因子

在實測農作物植冠或族群植被反射光譜時，將因複雜的植體分佈、族群幾何結構及環境變異等因素，顯現繁複雜料的光譜變化。再者，隨著生長(葉齡或株齡)進行至老化現象發生，植體組織不斷的在改變，亦影響色素組成與含量而複雜化光譜。在影響農作物光譜的外在因子方面，相對光照（因太陽角度、地球位置及大氣而異）及儀器觀測角度也干擾植冠或植被的反射、穿透及吸收測值；農作物生長其上的土壤狀態（包括土壤水分、有機質含量、殘葉覆蓋及土壤性質等），周遭地形地貌地物，也將影響植冠或植被反射光譜的測定與區別。綜此諸種狀況均將導致偵測與分析農作物光譜的複雜度和困難性。因此進行光譜遙感探測時，必須考量各種因子的潛在影響，予以排除、辨識、校正或解釋。當感測儀器設備的遙測距離增大時，則必須加上大氣干擾因子的修正，因爲光線經過空氣層時可能產生折射、繞射、反射等現象，也可能被空氣中不同粒子吸收乃至於造成放射。

四、利用遙測科技探討農作物光譜

遙感探測是一門利用感測儀器不與被測物接觸即能測定（量）被測物定性或定量資料的藝術與科學，即使用感測儀器從遠距離收集被測物特性資料。由於遙感探測係以組合遙測系統通過空間偵測被測物，屬於一種間接測定，因此必須加入人爲規範之判斷標準予以辨識與評估，故兼具科學與藝術雙重屬性。所偵測得被測物特性資料可能包括光譜及影像兩大部分，由影像資料而呈現被測物之形狀、顏色、大小、位置等特徵，由光譜資料提供被測物當時所處之狀態。正如當人們眼睛感測農作物反射之可見光波段時，影像經視細胞與腦細胞分析後呈現植體的形像及相關資料，而可見光反射光譜則可能使人們進一步感受到植體的熱溫與當時景況獲得整體輪廓。完整的遙測過程都具備類似的程序，第一步驟爲資料的偵測與收集，其次爲資料的整理與分析，最後爲結果的判讀與顯示。例如以電磁波自空中或太空平台遙測地球資料，過程將涵蓋：(1)航空或太空感測器的測定、(2)光譜能量分析、(3)能量通過大氣層後的傳播與校正、(4)能量與地表物體間交感作用的區分、(5)資料整理、分析與結果表示。在特定的區域利用遙測資料去管理農作物生產時，首先需要建立作物光譜資料庫，再者爲當地土壤光譜資料庫，如此才可能從事栽培管理工作或延廣至估測作物栽培區域及單位面積產量等應用。